



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 41 235 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 B 11/03

⑲ Aktenzeichen: 198 41 235.5
⑳ Anmeldetag: 9. 9. 98
㉑ Offenlegungstag: 1. 4. 99

DE 198 41 235 A 1

③① Unionspriorität:
9-248939 12. 09. 97 JP
⑦① Anmelder:
Mitutoyo Corp., Kawasaki, Kanagawa, JP
⑦④ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦② Erfinder:
Matsumiya, Sadayuki, Kawasaki, Kanagawa, JP;
Kawabe, Takao, Kawasaki, Kanagawa, JP; Yu,
Dahai, Kawasaki, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Positionskalibrierverfahren für eine optische Meßeinrichtung

⑤⑦ Bei einer optischen Meßeinrichtung, die so aufgebaut ist, daß eine CCD-Kamera und ein Laserverschiebungsmeßgerät so gehalten sind, daß sie in drei Dimensionen gleichzeitig auf einer Bühne bewegt werden können, ist auf der Bühne eine Aufspannvorrichtung angebracht, die zwei gerade, nicht-parallele Linienabschnitte aufweist, die von der CCD-Kamera und dem Laserverschiebungsmeßgerät in der Projektionsebene entlang der Richtung der Z-Achse gemessen werden können; die geraden Liniensegmente werden in der Projektionsebene durch die CCD-Kamera und das Laserverschiebungsmeßgerät gemessen, um Formeln für diese Abschnitte zu bestimmen; mit den erhaltenen Formeln wird eine arithmetische Operation durchgeführt, um einen Offsetwert der Koordinatenzentren in der X- und der Y-Ebene zwischen der CCD-Kamera und dem Laserverschiebungsmeßgerät zu ermitteln; und der Offsetwert wird als Positionskalibrierdaten der CCD-Kamera und des Laserverschiebungsmeßgerätes verwendet, um eine Positionskalibrierung der Meßdaten durchzuführen.

DE 198 41 235 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Positionskalibrierungsverfahren einer Meßeinrichtung, die so aufgebaut ist, daß mehrere optische Längenmeßgeräte vorgesehen sind.

Wenn die Position eines Detektors in einem dreidimensionalen Koordinatenmeßgerät kalibriert wird, welches einen Berührungsdetektor verwendet, wurde bislang eine sogenannte Master-Kugel verwendet. Die Master-Kugel weist eine exakte Oberfläche auf und stellt eine Kugel dar, deren Durchmesser mit hoher Genauigkeit kalibriert wurde. Im einzelnen werden drei oder mehr Punkte auf der Oberfläche der Master-Kugel mit dem Berührungsdetektor gemessen, und wird auf der Grundlage dieser Oberflächenkoordinaten eine arithmetische Operation durchgeführt, mit welcher die Zentrumsordinate der Master-Kugel berechnet wird. Die so erhaltene Zentrumsordinate der Master-Kugel wird als Bezugsordinate verwendet, um eine Positionskalibrierung der Meßdaten durchzuführen, wenn tatsächlich ein Werkstück gemessen wird.

Wenn ein optisches Gerät zur Messung der Länge verwendet wird (beispielsweise ein Bildmeßkopf, der ein CCD oder ein Laserverschiebungsmeßgerät verwendet), welches einen berührungsfreien Detektor darstellt, muß ein Punkt auf einer geneigten Oberfläche gemessen werden, wenn die Kalibrierung unter Verwendung derselben Vorgehensweise mit Einsatz der Master-Kugel wie im Falle der Verwendung des Berührungsdetektors versucht wird, und tritt daher bei der Messung des Koordinatenwertes für die Vertikalachse (Z-Achse) dieses Punktes ein Fehler auf. Dies liegt daran, daß Licht auf der geneigten Ebene in Vertikalachsenrichtung nicht reflektiert wird, wenn eine Einstrahlung von Licht aus Richtung der Vertikalachse erfolgt. Dieser Fehler beeinträchtigt das Ergebnis der arithmetischen Operation zur Bestimmung des Zentrumskoordinatenwertes der Master-Kugel und führt zu einem weiteren ernsthaften Fehler bei dem Z- und dem Y-Koordinatenwert des erhaltenen Zentrumskoordinatenwertes. Darüber hinaus kann ein gewöhnliches optisches Längenmeßgerät eine stark geneigte Oberfläche nicht fokussieren, und daher muß der Meßpunkt nur innerhalb einer extrem kleinen Fläche ausgewählt werden, was ebenfalls zu einem Fehler bei der arithmetischen Operation führt.

Nunmehr erfolgt eine genauere Beschreibung des Einflusses eines Fehlers bei dem Z-Achsenkoordinatenwert an einem vorgegebenen Meßpunkt auf den Zentrumskoordinatenwert, der erhalten werden soll, wenn der Zentrumskoordinatenwert aus Koordinatenwerten von vier Meßpunkten auf der Oberfläche der Master-Kugel berechnet werden soll. Die Master-Kugel weist wie in Fig. 6 gezeigt einen Durchmesser R auf, und ihre Kugeloberfläche kann durch die folgende Gleichung 1 ausgedrückt werden, wobei der Ursprung im Zentrum liegt.

(Gleichung 1)

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2$$

Wird die Zentrumsordinate der Master-Kugel als (a, b, c) angenommen, so läßt sich die Kugeloberfläche durch folgende Gleichung (2) ausdrücken.

(Gleichung 2)

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 = R^2$$

Die Zentrumsordinate wird dadurch erhalten, daß vier Punkte auf der Oberfläche einer derartigen Master-Kugel

gemessen werden, n an einem Ort eines Schnitts mit der Z-Achse P1 (0, 0, R) und an drei Oberflächenorten, die auf dem Umfang des Punktes P1 gewählt werden, und jeweils einen Winkel θ aufweisen, gegenüber der z-Achse, nämlich (P2, Rsin θ , 0, Rcos θ), P3 (0, Rsin θ , Rcos θ) und P4 (Rsin θ , 0, Rcos θ). Es wird darauf hingewiesen, daß bei den voranstehend angeführten Daten die Werte für P1, P2 und P4 exakt gemessen werden, und ein Fehler δ bei dem z-Koordinatenwert der Koordinate des Meßpunktes P3 vorhanden ist, was zu P3 (0, Rsin θ , Rcos θ + δ) führt. Die Formel zur Berechnung des Zentrumskoordinatenwertes (a, b, c) der Master-Kugel läßt sich daher durch den nachstehenden Ausdruck 3 angeben, durch Einsetzen bei den Meßpunktdaten in Gleichung 2.

(Gleichung 3)

$$a^2 + b^2 + (R - c)^2 = R^2 \quad (1)$$

$$(R\sin\theta - a)^2 + b^2 + (R\cos\theta - c)^2 = R^2 \quad (2)$$

$$a^2 + (R\sin\theta - b)^2 + (R\cos\theta - c + \delta)^2 = R^2 \quad (3)$$

$$(R\sin\theta + a)^2 + b^2 + (R\cos\theta - c)^2 = R^2 \quad (4)$$

Der X-Koordinatenwert a kann durch nachstehenden Ausdruck 4 erhalten werden, durch Subtraktion der Formel (2) und der Formel (4) im Ausdruck 3.

(Gleichung 4)

$$4 R \sin\theta = 0 \\ a = 0$$

Setzt man a = 0 in die Formeln (1), (2) und (3), so ergeben sich die Formeln (1'), (2') und (3') gemäß nachstehendem Ausdruck 5.

(Ausdruck 5)

$$b^2 + (R - c)^2 = R^2 \quad (1')$$

$$(R\sin\theta)^2 + b^2 + (R\cos\theta - c)^2 = R^2 \quad (2')$$

$$(R\sin\theta - b)^2 + (R\cos\theta - c + \delta)^2 = R^2 \quad (3')$$

Den Z-Koordinatenwert c erhält man aus dem nachstehenden Ausdruck 6 durch Subtraktion der Formeln (1') und (2').

(Ausdruck 6)

$$2Rc(\cos\theta - 1) = 0 \\ c = 0$$

Setzt man c = 0 in die Formeln (2') und (3') ein und subtrahiert diese, so wird der Y-Koordinatenwert b mit Hilfe des nachstehenden Ausdrucks 7 erhalten.

(Ausdruck 7)

$$b = (\delta^2 + 2R\delta \cos\theta) / 2R\sin\theta$$

Wenn daher ein Fehler bei dem z-Koordinatenwert vorhanden ist, der in Bezug auf den Meßpunkt P3 gemessen wird, dessen Y-Koordinatenwert ungleich Null ist, so ist ein Fehler bei dem Y-Koordinatenwert des Zentrumskoordinatenwertes vorhanden, der erhalten werden soll. Wenn ein

Fehler bei dem z-Koordinatenwert vorhanden ist, wenn der Punkt P2 oder P4 gemessen wird, dessen X-Koordinatenwert ungleich Null ist, ist entsprechend ein Fehler bei dem x-Koordinatenwert des Zentrumskoordinatenwertes vorhanden, den man erhalten will.

Wenn das optische Längenmeßgerät eingesetzt wird, und eine Positionskalibrierung unter Verwendung der Master-Kugel verwendet wird, tritt daher wie voranstehend geschildert das Problem auf, daß der Zentrumskoordinatenwert der Master-Kugel, also die Positionsdaten für die Kalibrierung, nicht exakt ermittelt werden kann, infolge des Einflusses des Fehlers bei der Messung des Vertikalachsenkoordinatenwertes. Da das optische Längenmeßgerät die stark geneigte Oberfläche nicht fokussieren kann, wird darüber hinaus der Meßpunkt in nachteiliger Weise auf eine kleine Fläche beschränkt, was es erschwert, exakte Kalibrierungsdaten zu erhalten.

Angeichts der voranstehend geschilderten Probleme besteht ein Vorteil der vorliegenden Erfindung darin, bei einer optischen Meßeinrichtung, die so aufgebaut ist, daß mehrere optische Meßgeräte vorgesehen sind, und diese so gehalten werden, daß sie gleichzeitig dreidimensional auf einer Bühne angetrieben werden, auf welcher ein Werkstück angebracht ist, ein Positionskalibrierverfahren für die optische Meßeinrichtung zur Verfügung gestellt wird, mit welchem einfach und exakt Positionskalibrierdaten erhalten werden können.

Bei einem Positionskalibrierverfahren für mehrere optische Längenmeßgeräte in einer optischen Meßeinrichtung, die so aufgebaut ist, daß mehrere optische Längenmeßgeräte zur Verfügung gestellt sind, und diese optischen Längenmeßgeräte so gehalten werden, daß sie gleichzeitig in drei Dimensionen auf einer Bühne angetrieben werden können, auf welcher ein Werkstück angebracht ist, zeichnet sich die vorliegende Erfindung dadurch aus, daß folgende Schritte vorgesehen sind:

Bereitstellung einer Kalibriereinspannvorrichtung, die ein Bezugsmuster aufweist, mit welchem eine Positionsmessung in der Horizontalebene durch jedes optische Meßgerät durchgeführt werden kann, wobei das Bezugsmuster auf einer Basisplatte vorgesehen ist, und Anbringung der Aufspannvorrichtung auf der Bühne; Messung einer Koordinate des Bezugsmusters der Kalibrieraufspannvorrichtung durch jedes der optischen Längenmeßgeräte; Durchführung einer arithmetischen Operation mit einem Koordinatenwert des Bezugsmusters, der durch jedes der optischen Längenmeßgeräte erhalten wurde, um einen Offsetwert in der Horizontalebene zwischen den jeweiligen optischen Längenmeßgeräten zu berechnen; und Verwendung des so erhaltenen Offsetwertes als Positionskalibrierdaten jeder der optischen Längenmeßgeräte, zur Durchführung einer Positionskalibrierung der Meßdaten durch jedes der optischen Längenmeßgeräte.

Hierbei weist die optische Meßeinrichtung sowohl ein Bildmeßgerät auf, welches eine CCD-Kamera verwendet, als auch ein Laserverschiebungsmeßgerät, die als die mehreren optischen Längenmeßgeräte dienen.

Als Kalibriereinspannvorrichtung wird beispielsweise ein Muster verwendet, welches zwei nicht-parallele, gerade Linienabschnitte aufweist, und eine geringe Höhe und scharfe Kanten aufweist, wobei dieses Muster als Bezugsmuster auf der Basisplatte ausgebildet ist.

Die optische Meßeinrichtung, die ebenfalls einen Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, ist so aufgebaut, daß zumindest zwei optische Längenmeßgeräte vorgesehen sind. Es ist beispielsweise ein System vorgesehen, welches eine CCD-Kamera als erstes Längenmeßgerät verwendet, um mit Bildaufnahmedaten eine Bildverarbeitung durchzu-

führen, eine Form und dergleichen zu erhalten, und darüber hinaus ein Laserverschiebungsmeßgerät als zweites Meßgerät verwendet. Ein derartiges System verwendet eine CCD-Kamera zur Aufnahme eines zu messenden Gegenstands in einer relativ großen Fläche, um die Form zu messen, während das Laserverschiebungsmeßgerät dazu eingesetzt wird, eine sehr kleine Fläche des zu messenden Gegenstands zu messen, die nur schwer fokussiert und als Bild von der CCD-Kamera aufgenommen werden kann, wobei das System so eingesetzt wird, daß eine kleine Form, die eine relativ große Fläche aufweist, mit hoher Genauigkeit gemessen wird.

Um die Positionsbeziehung von Meßdaten zweier optischer Längenmeßgeräte bei einem derartigen System zu erreichen ist es erforderlich, einen exakten Offsetwert zwischen den beiden Längenmeßgeräten zu ermitteln. Bei der vorliegenden Erfindung wird als Positionskalibrieraufspannvorrichtung für die beiden vorgesehenen optischen Längenmeßgeräte eine Kalibrieraufspannvorrichtung verwendet, bei welcher ein Bezugsmuster vorgesehen ist, mit welchem eine Positionsmessung in der Horizontalebene durch jedes optische Meßgerät möglich ist. Der Koordinatenwert des Bezugsmusters, der durch jedes der optischen Längenmeßgeräte erhalten wird, wird einer arithmetischen Operation unterzogen, um einen Offsetwert in der Horizontalebene zwischen den jeweiligen optischen Meßgeräten zu berechnen, und der so erhaltene Offsetwert wird als Kalibrierdaten verwendet, welche die Positionsbeziehung angeben.

Da gemäß der vorliegenden Erfindung ein Offset in der Horizontalebene nur durch Messung des Musters in der Horizontalebene erhalten wird, beeinflusst die Messung in Richtung der Vertikalachse nicht den Koordinatenwert in der Ebene, wie im Falle der Verwendung der Master-Kugel, und kann daher die Positionskalibrierung der beiden optischen Längenmeßgeräte mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Ziele und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch den Aufbau einer optischen Meßeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 den Aufbau eines Signalverarbeitungssystems bei der Ausführungsform;

Fig. 3 eine Aufsicht und eine Seitenansicht einer Positionskalibrieraufspannvorrichtung bei dieser Ausführungsform;

Fig. 4 eine Darstellung zur Erläuterung eines Verfahrens zur Berechnung eines Offsetwertes für die Positionskalibrierung bei der Ausführungsform;

Fig. 5a und 5b Aufsichten auf Kalibrieraufspannvorrichtungen gemäß anderen Ausführungsformen; und

Fig. 6 eine Darstellung zur Erläuterung eines Positionskalibrierfehlers, der im Falle der Verwendung einer Master-Kugel hervorgerufen wird.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer optischen Meßeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Auf einer Basis 1 ist eine Bühne 2 (wobei deren Antriebsmechanismus weggelassen ist) vorgesehen, auf welcher ein zu messender Gegenstand angebracht wird, und die in Richtung der Y-Achse angetrieben werden kann, wobei eine Führung 3 für die X-Achse ortsfest ist. Ein Gleiteil 4 ist an der X-Achsenführung 3 so angebracht, daß es in Richtung der X-Achse gleitbeweglich ist, und eine Z-Ach-

senstange 5 ist an dem Gleitteil 4 befestigt. Ein Halterungsteil 9 ist an der Z-Achsenstange 5 so angebracht, daß es in Richtung der Z-Achse gleiten kann, und eine CCD-Kamera 6, welche ein erstes optisches Längenmeßgerät bildet, sowie ein Laserverschiebungsmeßgerät 7, welches ein zweites optisches Längenmeßgerät bildet, sind bei dem Halterungsteil 9 vorgesehen.

Bei dieser Anordnung können sich die CCD-Kamera 6 und das Laserverschiebungsmeßgerät 7 gleichzeitig in Richtungen der drei Achsen X, Y und Z bewegen, wobei eine feste Positionsbeziehung zwischen diesen Teilen beibehalten wird.

Die CCD-Kamera 6 nimmt ein Bild eines zu messenden Gegenstands auf, der auf der Bühne 2 angebracht ist, und führt eine Bildverarbeitung zur Messung der Form durch. Die Abmessungen in Richtung der Höhe (Richtung der Z-Achse) werden durch Beurteilung der Fokussierung erhalten. Die Fokussierungsbeurteilung ist im Falle der Aufnahme eines Bildes in einer sehr kleinen Fläche schwierig, und daher muß ein relativ großes Bild aufgenommen werden. Anders ausgedrückt ist es für die CCD-Kamera schwierig, die Höhe in einer sehr kleinen Fläche zu messen. Obwohl die Brennweite der CCD-Kamera 6 von dem verwendeten Objektiv abhängt, liegt sie im Bereich zwischen 1 µm und einigen µm, und führt eine Brennweite, die unterhalb dieses Bereiches liegt, zu der Beurteilung, daß eine erfolgreiche Fokussierung erfolgte, was zu einem Meßfehler führt.

Um die Höhe in einem sehr kleinen Bereich zu messen wird daher das Laserverschiebungsmeßgerät 7 eingesetzt. Das Laserverschiebungsmeßgerät 7 kann mit äußerster Genauigkeit die Höhe mit einer Auflösung von 0,01 µm messen, unter Verwendung eines Laser-Hologrammaßstabs.

Die Bilddaten, die durch Aufnahme eines zu messenden Gegenstands durch die CCD-Kamera 6 erhalten werden, werden beispielsweise von einer Signalverarbeitungsschaltung 21 bearbeitet, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, und von einer Auswahlerschaltung 23 ausgewählt, die durch eine Steuerung 24 gesteuert wird, um dann einer Schaltung 25 zur Durchführung einer arithmetischen Operation zugeführt zu werden. Das Laserverschiebungsmeßgerät 7 tastet denselben Gegenstand ab, um dessen Höhe zu messen. Die Meßdaten, die von dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 erhalten werden, werden in der Signalverarbeitungsschaltung 22 verarbeitet, und von der Auswahlerschaltung 23 ausgewählt, um dann der Schaltung 25 zur Durchführung der arithmetischen Operation zugeführt zu werden. Die Schaltung 25 für die arithmetische Operation bestimmt die Positionsbeziehung der beiden Meßdaten, um die dreidimensionale Form des Gegenstands zu erhalten. Die gemessene Form wird beispielsweise auf einer Anzeigevorrichtung 27 dargestellt.

Bei dem voranstehend geschilderten Meßvorgang ist die Positionskalibrierung zwischen der CCD-Kamera 6 und dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 dazu erforderlich, die Positionsbeziehung der Daten, die durch die CCD-Kamera 6 erhalten wurden, und der Daten zu ermitteln, die von dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 erhalten wurden, und daher muß der exakte Offsetwert einschließlich Befestigungsfehlern dieser beiden Teile vorher bekannt sein. Als nächstes erfolgt eine Beschreibung eines bestimmten Verfahrens, welches dazu dient, den Offsetwert zur Durchführung der Positionskalibrierung zu erhalten.

Bei dieser Ausführungsform wird eine Kalibrieraufspannvorrichtung 8 in Form einer flachen Platte auf die Bühne 2 aufgesetzt, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist, um den Offsetwert zwischen der CCD-Kamera 6 und dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 zu erhalten.

Fig. 3 ist eine Aufsicht und eine Seitenansicht der Kalibrieraufspannvorrichtung 8. Wie dargestellt weist diese

Aufspannvorrichtung 8 ein Trapezmuster 32 auf, welches durch einen Nichtreflektor wie beispielsweise einen Metallfilm ausgebildet wird, und als Bezugsmuster dient, so daß es im Gesichtsfeld der CCD-Kamera 6 angeordnet werden kann. Das trapezförmige Muster 32 ist so ausgebildet, daß es scharfe Ränder und eine geringe Höhe h aufweist, die innerhalb des Meßbereiches für die Länge des Laserverschiebungsmeßgerätes 7 liegt, und zwei nicht-parallele Seiten aufweist, von denen eine ein gerader Linienabschnitt L2 zwischen B1 und B2 ist. Diese Linienabschnitte L1 und L2 werden von der CCD-Kamera 6 und dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 gemessen, welche zwei optische Längenmeßgeräte darstellen, um auf die nachstehende geschilderte Art und Weise die Kalibrierdaten zu erhalten.

Wenn die CCD-Kamera 6 ein Bild der Aufspannvorrichtung 8 aufnimmt, und eine wohlbekannte Randerfassung zur Durchführung der Bildverarbeitung eingesetzt wird, können die beiden Linienabschnitte L1 und L2 erhalten werden. Wenn darüber hinaus das Laserverschiebungsmeßgerät 7 dazu eingesetzt wird, eine Abtastung in X-Richtung an zwei unterschiedlichen Punkten auf der Y-Achse durchzuführen, und die Randerfassung und eine einfache Berechnung entsprechend durchgeführt werden, kann man die beiden Linienabschnitte L1 und L2 erhalten.

Nimmt man an, daß die Koordinaten in der Lichtempfangsebene der CCD-Kamera 6 bzw. des Laserverschiebungsmeßgerätes 7 als (X1, Y1) bzw. (X2, Y2) bestimmt werden, und die Differenz zwischen ihren Zentrumskoordinaten, also der Offsetwert, als (x0, y0) bestimmt wird, so kann die Beziehung zwischen der Formel, um den Linienabschnitt L1 mit der CCD-Kamera 6 zu bestimmen, und der Formel für diesen Zweck in Bezug auf das Laserverschiebungsmeßgerät 7 durch den nachstehenden Ausdruck 8 ausgedrückt werden.

(Ausdruck 8)

$$y = a_{11}x + b_{11}$$

$$y - y_0 = a_{12}(x - x_0) + b_{12}$$

Entsprechend kann die Beziehung zwischen der Formel, um den Linienabschnitt L2 durch die CCD-Kamera 6 zu bestimmen, und der Formel für den entsprechenden Vorgang mit dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 durch den nachstehenden Ausdruck 9 dargestellt werden.

(Ausdruck 9)

$$y = a_{21}x + b_{21}$$

$$y - y_0 = a_{22}(x - x_0) + b_{22}$$

Bei der Messung unter Verwendung der CCD-Kamera 6 und des Laserverschiebungsmeßgerätes 7 wird das eine dieser Geräte dazu verwendet, eine Messung durchzuführen, und dann wird das Meßsystem in Richtung der X- und der Y-Achse bewegt, um daraufhin eine Messung unter Verwendung des anderen Gerätes durchzuführen, und die relative Positionsbeziehung der voranstehenden Ausdrücke 8 und 9 kann dadurch erhalten werden, daß das Ausmaß der Bewegung in den X- und Y-Horizontalebene des Meßsystems während zweier Messungen berücksichtigt wird.

Da die Neigungen der Linienabschnitte L1 und L2 auf entsprechende Weise unter Verwendung der CCD-Kamera 6 und des Laserverschiebungsmeßgerätes 7 unabhängig von den beiden Meßsystemen ermittelt werden können, betragen diese $a_{11} = a_{12} (= a_1)$, $a_{21} = a_{22} (= a_2)$. Wenn eine arithmetische Operation durchgeführt wird, um diese Werte in den Ausdruck 8 und den Ausdruck 9 einzusetzen, und x und y zu

eliminieren, läßt sich der Offsetwert (x_0 , y_0) der beiden Zentrumskoordinaten auf der Grundlage des nachstehenden Ausdrucks 10 erhalten.

(Ausdruck 10)

$$x_0 = [(b_{21} - b_{22}) - (b_{11} - b_{12})]/(a_1 - a_2)$$

$$y_0 = [a_1(b_{21} - b_{22}) - a_2(b_{11} - b_{12})]/(a_1 - a_2)$$

Die voranstehend geschilderte Arithmetikoperation kann einfach unter Verwendung der in Fig. 2 dargestellten Arithmetikoperationsverarbeitungs-schaltung 25 durchgeführt werden. Da der Offsetwert (x_0 , y_0) nur aus den Meßdaten in der Projektionsebene der Aufspannvorrichtung erhalten wird, also der Horizontalebene, können die Werte a_1 , a_2 , b_{11} , b_{12} , b_{21} und b_{22} exakt erhalten werden, und werden diese nicht durch den Meßfehler der Z-Achsenkoordinate negativ beeinflußt, im Unterschied zum Falle der Verwendung der Master-Kugel. Der erhaltene Offsetwert wird beispielsweise in einem Speicher 26 gespeichert, der in Fig. 2 gezeigt ist, also Positionskalibrierdaten, welche die Relativposition der beiden Meßgeräte angeben.

Mit den so erhaltenen Positionskalibrierdaten kann die zweidimensionale Form des jeweiligen zu messenden Gegenstands durch die CCD-Kamera 6 gemessen werden, während die Höhe des Gegenstands an jeweiligen Abschnitten mit dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 gemessen werden kann, so daß die Positionsbeziehung dieser Meßdaten exakt bestimmt werden kann, während die dreidimensionale Form des zu messenden Gegenstands gemessen wird.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die voranstehend geschilderte Ausführungsform beschränkt. Obwohl bei dieser Ausführungsform die Kalibrieraufspannvorrichtung 8 mit dem trapezförmigen Muster 32 verwendet wird, welches wie in Fig. 3 gezeigt ausgebildet ist, kann auch ein Dreiecksmuster 33 eingesetzt werden, wie dies in Fig. 5a gezeigt ist, als eine andere Kalibrieraufspannvorrichtung, die zwei gerade Linienabschnitte aufweist, die nicht parallel verlaufen. Auch in diesem Fall weist das Dreiecksmuster 33 eine ebene Form auf, scharfe Ränder, und eine geringe Höhe. Auch in diesem Fall kann ein Offsetwert durch eine entsprechende Verarbeitung wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform erhalten werden.

Darüber hinaus kann, wie in Fig. 5b gezeigt, auch eine Aufspannvorrichtung mit einem kreisförmigen Muster 34 als Bezugsmuster verwendet werden. Auch in diesem Fall weist das kreisförmige Muster 34 eine ebene Form, einen scharfen Rand und eine geringe Höhe auf, und ist sein Durchmesser exakt festgelegt. Im Falle dieses kreisförmigen Musters 34 kann die Positionsbeziehung zwischen dem Zentrum des kreisförmigen Musters 34 und dem Zentrum der CCD-Kamera 6 dadurch erhalten werden, daß einfach die Bildaufnahmedaten von der CCD-Kamera 6 verarbeitet werden, während das Laserverschiebungsmeßgerät 7 auch dazu verwendet werden kann, eine Abtastung der X-Achse mit einer freiwählbaren Y-Achsenkoordinate durchzuführen, um zwei Ränder festzustellen, und kann aus dieser Datenverarbeitung die Positionsbeziehung zwischen dem Zentrum des kreisförmigen Musters 34 und dem Zentrum des Laserverschiebungsmeßgerätes 7 erhalten werden. Daraufhin kann der Offsetwert zwischen der CCD-Kamera 6 und dem Laserverschiebungsmeßgerät 7 aus diesen Daten berechnet werden.

Obwohl die CCD-Kamera und das Laserverschiebungsmeßgerät als die beiden optischen Längenmeßgeräte bei der voranstehenden Ausführungsform verwendet werden, läßt sich die vorliegende Erfindung entsprechend auch bei Kombinationen anderer Längenmeßgeräte einsetzen. Das Positi-

onskalibrierverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist beispielsweise auch bei einem System einsetzbar, bei welchem zwei Bildköpfe vorgesehen sind, die dazu dienen, einerseits ein Infrarotbild und andererseits ein Ultraviolettbild eines zu messenden Gegenstands zu erhalten, um die Form einschließlich des Innenaufbaus des zu messenden Gegenstands zu messen, oder ist bei einem anderen System verwendbar, bei welchem Längenmeßgeräte zu dem Zweck vorgesehen sind, eine Messung über eine große Fläche durchzuführen. Darüber hinaus läßt sich die vorliegende Erfindung auch bei einem System einsetzen, bei welchem drei oder mehr optische Längenmeßgeräte vorgesehen sind.

Wie voranstehend geschildert wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Aufspannvorrichtung mit einem vorbestimmten ebenen Bezugsmuster, die auf einer Basisplatte vorgesehen ist, zur Positionskalibrierung zweier vorgesehener optischer Längenmeßgeräte eingesetzt; der Bezugsmusterkoordinatenwert der Aufspannvorrichtung wird durch die jeweiligen optischen Längenmeßgeräte ermittelt; die erhaltenen Ergebnisse werden verarbeitet, um einen Offsetwert in den Horizontalebenen der beiden optischen Längenmeßgeräte zu berechnen; und der Offsetwert wird als Positionskalibrierdaten eingesetzt, welche die Beziehung der beiden Geräte angeben; hierbei beeinflußt eine Messung in Richtung der Vertikalachse mit verringerter Genauigkeit nicht den Koordinatenwert in der Ebene, also anders als im Falle der Verwendung einer Master-Kugel, so daß eine Positionskalibrierung in den Horizontalebenen der beiden optischen Längenmeßgeräte mit hoher Genauigkeit erzielt wird.

Zwar wurde die Erfindung im Zusammenhang mit bestimmten bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung geschildert, jedoch wird darauf hingewiesen, daß diese Beschreibung die Erfindung erläutern und nicht einschränken soll, und daß sich Wesen und Umfang der vorliegenden Erfindung aus der Gesamtheit der vorliegenden Anmeldeunterlagen ergeben und von den beigefügten Patentansprüchen umfaßt sein sollen.

Patentansprüche

1. Positionskalibrierverfahren für mehrere optische Längenmeßgeräte in einer optischen Meßeinrichtung, die so ausgebildet ist, daß die mehreren optischen Längenmeßgeräte vorgesehen sind, und diese optischen Längenmeßgeräte so gehalten sind, daß diese Geräte gleichzeitig in drei Dimensionen auf einer Bühne bewegt werden können, auf welcher ein Werkstück angebracht ist, mit folgenden Schritten:

Bereitstellung einer Kalibrieraufspannvorrichtung, die ein Bezugsmuster aufweist, mit welchem eine Positionsmessung in einer Horizontalebene durch jedes optische Meßgerät ermöglicht wird, wobei das Bezugsmuster auf einer Basisplatte vorgesehen ist, und diese auf der Bühne angebracht wird;

Messung einer Koordinate des Bezugsmusters der Kalibrieraufspannvorrichtung durch jedes der optischen Längenmeßgeräte;

Durchführung einer arithmetischen Operation mit einem Koordinatenwert des Bezugsmusters, der von jedem der optischen Längenmeßgeräte bestimmt wird, um einen Offsetwert in der Horizontalebene zwischen den jeweiligen optischen Längenmeßgeräten zu berechnen; und

Verwendung des so erhaltenen Offsetwertes als Positionskalibrierdaten jedes der optischen Längenmeßgeräte, um eine Positionskalibrierung der Meßdaten von jedem der optischen Längenmeßgeräte durchzuführen.

2. Positionskalibrierverfahren für eine optische Meß-

? auf, welches
in Metall-
so daß es
werden
daß es
mer-
ie-

einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optische Meßeinrichtung sowohl ein Bildmeßgerät, welches eine CCD-Kamera verwendet, als auch ein Laserverschiebungsmeßgerät aufweist, welche als die mehreren Optischen Längenmeßgeräte dienen. 5

3. Positionskalibrierverfahren für eine optische Meßeinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Kalibrieraufspannvorrichtung ein Muster auf der Basisplatte als Bezugsmuster vorgesehen ist, 10 wobei das Muster zwei gerade, nicht-parallele Linienabschnitte aufweist, und eine geringe Höhe und scharfe Ränder aufweist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen	15
-------------------------------	----

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

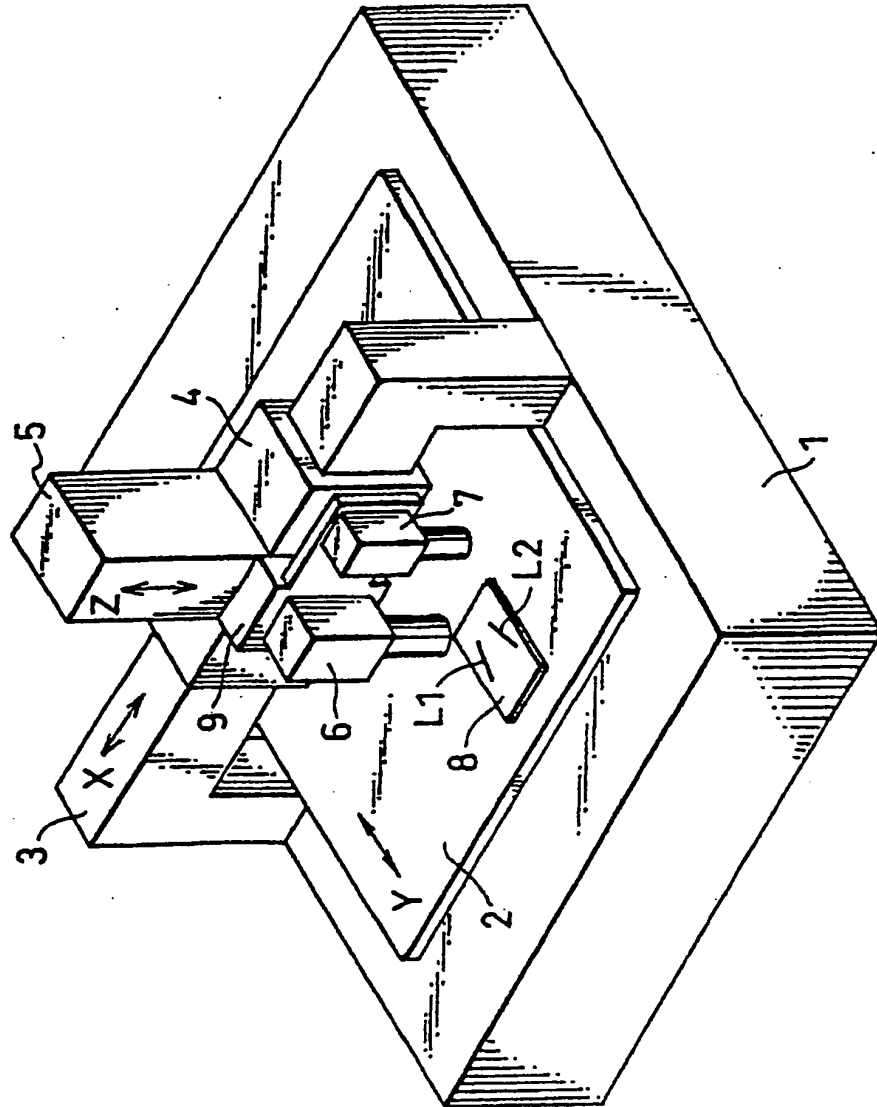


FIG. 2

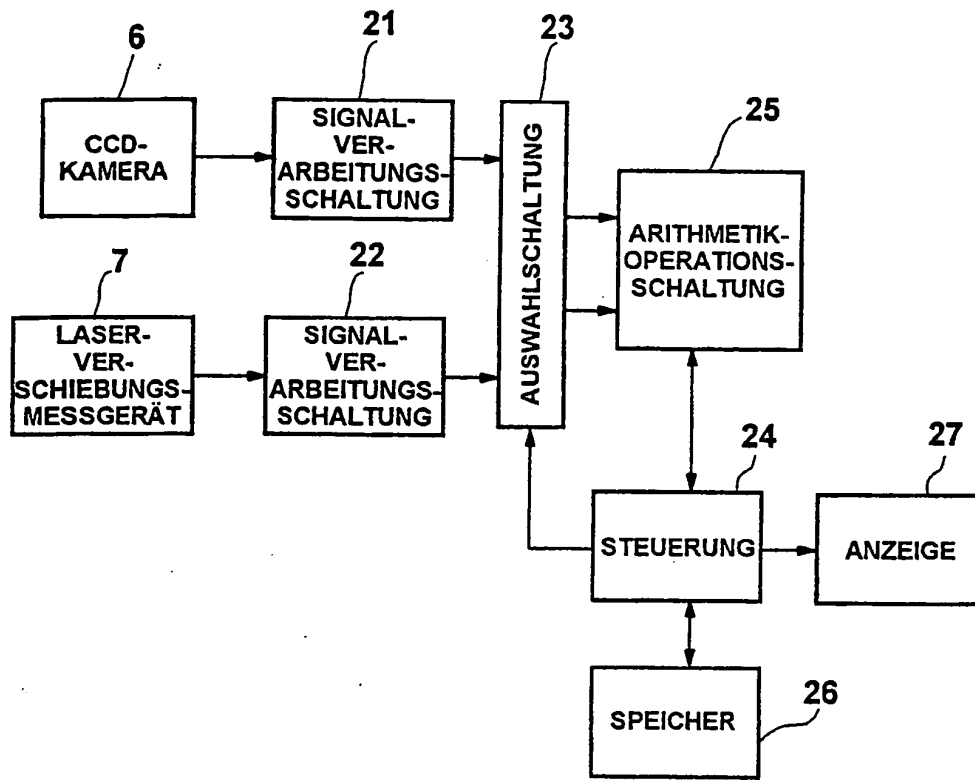


FIG. 3

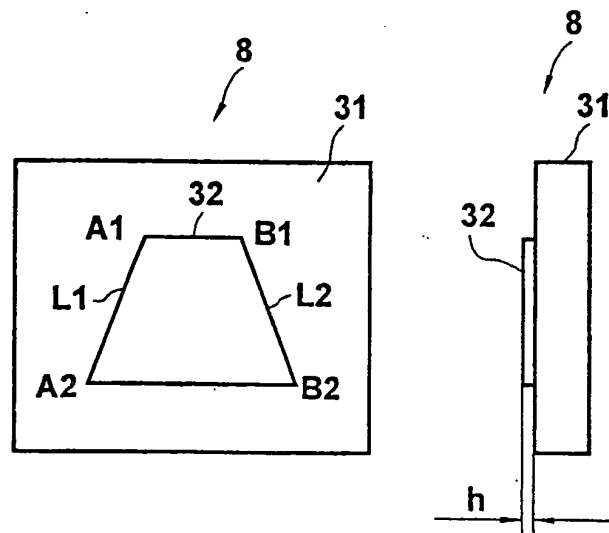


FIG. 4

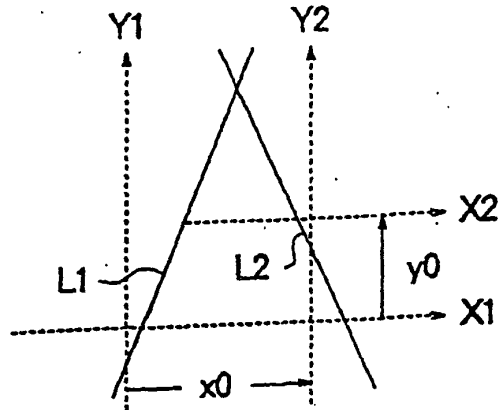


FIG. 5a

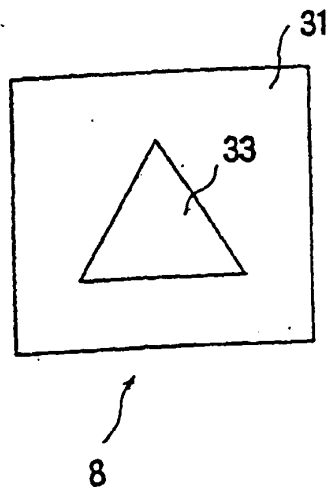


FIG. 5b

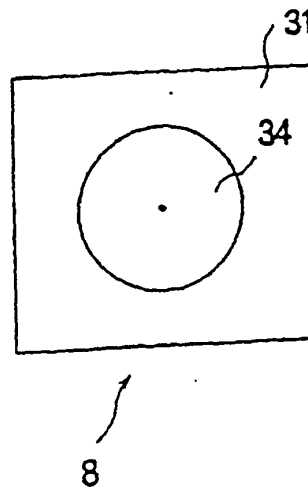


FIG. 6

